REALE ACCADEMIA DEI LINCEI
Anno CCLXXIV (1876-77)

STUDII CHIMICO-FISIOLOGICI

SULLE

MATERIE COLORANTI DELLA RETINA.

PRIMA COMUNICAZIONE

DI

STEFANO CAPRANICA



Lavoro eseguito nel laboratorio di Anatomia e Fisiologia comparata nella R. Università di Roma. XI.

CON UNA TAVOLA

Firenze — ROMA — Torino
Ermanno Loescher e C.°
1877

REALE ACCADEMIA DEI LINCEI (*)

Studî chimico-fisiologici sulle materie coloranti della retina.

Nota di STEFANO CAPRANICA
presentata dal Socio TOMMASI CRUDELI
nella seduta del 6 maggio 1877.

PRIMA COMUNICAZIONE

(Lavoro eseguito nel laboratorio di Anatomia e Fisiologia comparata nella R. Università di Roma XI).

È assioma della fisica moderna che soltanto quei raggi luminosi i quali vengono assorbiti. sono capaci di una azione chimica e fisica sui corpi. Volendosi applicare questo principio in tutta la sua estensione all'atto della visione. nell'esame fisiologico della sensazione della luce e dei colori, sarebbero in prima linea da considerarsi soltanto quelli elementi che sono veramente capaci di assorbimento, cioè a preferenza, le sostanze colorate le quali entrano nella composizione della membrana che sente la luce.

Fra le sostanze colorate a preferenza capaci di assorbire, possono distinguersi nella retina dei vertebrati anatomicamente tre diverse specie.

Primo, il pigmento; granuli neri brunastri, di forma prismatica o a bastoncelli. i quali formano il contenuto delle cellule esagonali dell'epitelio retinico pigmentato.

Secondo, il rosso retinico (Sehroth); una sostanza colorante rossa. rapidamente distruggibile dalla luce, unita alla sostanza lamellare, la quale forma i membri esterni dello strato dei bastoncelli e dei coni.

Finalmente ancora, una terza materia colorante, la quale in genere appare collegata con finissime gocciole di una sostanza oleosa. Queste gocciole oleose e colorate, le quali non sembrano far difetto nell'occhio di nessun vertebrato, nelle diverse classi di questo tipo occupano differenti posizioni.

Nei pesci e nei mammiferi, si trovano esclusivamente nell'interno delle cellule esagonali dell'epitelio retinico, a lato dei granuli nero-brunastri, mai però negli elementi dello strato dei bastoncelli e coni. All'opposto nei rettili e negli uccelli, non si rinvengono mai nelle cellule di pigmento. ma sempre nello strato dei bastoncelli e coni, occupando senza eccezione il punto di contatto fra il membro esterno ed il membro interno. Fra questi due gruppi così nettamente distinti, gli anfibî tengono il posto di mezzo, in quanto che presso di loro le gocciole oleose esistono tanto nello strato dei bastoncelli e dei coni, quanto nelle cellule esagonali dell'epitelio retinico. Ma soltanto le ultime contengono la sostanza colorante. rimanendo le prime sempre incolori.

La presente Nota si occupa esclusivamente della fisiologia e della chimica della sostanza colorante che si trova nelle gocciole oleose. Che questa sostanza rappresentasse la materia prima per la ripristinazione del rosso retinico consumato, fu

(*) Estratto dal Vol. I.° — Serie 3.ª — Classe di scienze fisiche ecc.

già reso molto probabile dalle ricerche di Boll [1]: e noi fondandoci unicamente sui risultati delle sue esperienze intraprese sulle rane, abbiamo voluto prima di tutto stabilire per la retina di queste, microscopicamente e chimicamente, le proprietà delle gocciole oleose.

Queste gocciole di color giallo d'oro, e di forma regolarmente sferica, si riscontrano dentro le singole cellule di pigmento in numero assai variabile; si trovano costantemente a lato di loro altre gocciole incolori per lo più, di minor grandezza e di forma più irregolare, le quali come viene provato facilmente dalla reazione dell'acido osmico, consistono in una sostanza grassa. Nelle retine in cui, dopo precedente illuminazione per luce molto intensa, aveva avuto luogo una rigenerazione del rosso retinico, immediatamente prima dell'esame microscopico, si trovano a lato delle gocciole di arancio cupo, dei globetti completamente incolori, numerose gocciole più pallide di colore giallo arancio. Queste ultime gocciole, nelle quali evidentemente la quantità della sostanza colorante è diminuita, mancano completamente nelle retine rimaste nella oscurità assoluta o nella luce rossa.

La sostanza contenuta nelle gocciole gialle è insolubile nell'acqua e nelle soluzioni acquose alcaline, acide o neutre; invece con la più grande facilità si scioglie nei seguenti liquidi: alcool etilico, alcool amilico, alcool metilico, benzina, cloroformio, etere ordinario, solfuro di carbonio. Tutte queste soluzioni sono di color giallo d'oro come le gocciole istesse, mentre che la soluzione nel solfuro di carbonio si mostra di un color rosso eguale a quello del rosso retinico, colorazione che può ottenersi anche indirettamente, sostituendo nelle soluzioni gialle il solfuro di carbonio agli altri solventi. In tutte queste soluzioni, oltre ad una materia colorante, sono contenute sostanze grasse e colesterina, le quali sinora non siamo riusciti a separare in totalità dalla materia colorante.

Fra le molte reazioni microchimiche che abbiamo istituite in queste gocciole colorate, tre sole ci dettero risultati caratteristici.

1. Acido solforico concentrato, aggiunto sotto il microscopio, muta il colore giallo d'oro delle gocciole istantaneamente in un bellissimo violaceo oscuro, il quale presto passa in un blù molto cupo (Coll'acido selenico una tale reazione non ha luogo).

2. Acido nitrico concentrato colora le gocciole momentaneamente in blù verdastro, scolorandole completamente subito dopo.

3. Soluzione di iodio [2], cambia il color giallo delle gocciole in un verde bellissimo, poi in blù verdastro (Bromo soluto in bromuro potassico non produce nessuna reazione di colorazione, ma scolora completamente le gocciole).

Quest'ultima reazione del iodio essendo già stata istituita, con eguale e positivo risultato da altri [3], sulle gocciole dei rettili e degli uccelli, abbiamo voluto esaminare anche le altre due reazioni nei loro rapporti con questi elementi anatomici.

(1) *Sull'Anatomia e Fisiologia della Retina.* Atti dell'Accademia dei Lincei. 1876-77 Serie III^a Vol. I.°

(2) La soluzione adoperata (acqua 100 c. c. — ioduro potassico 0,5 — iodio 0,25) si raccomanda per le ricerche isto-chimiche, perchè la sua concentrazione si trova possibilmente adattata alla concentrazione del liquido plasmatico che bagna i tessuti.

(3) Graefe e Saemisch, *Handbuch der gesammten Augenheilkunde* I p. 411. 1874.

Dall'esame risulta il più completo accordo: le gocciole color giallo canario che si trovano nelle retine dei rettili (lucertola, camaleonte), mostravano dopo l'aggiunta del iodio, dell'acido azotico, e dell'acido solforico, gli identici cambiamenti di colore come le gocciole giallo d'oro dello strato pigmentato della rana. Lo stesso si verifica con gli uccelli, nei quali tutte le gocciole, tanto le rosse, quanto le arancie e le gialle pallide, vengono colorate in modo identico dai detti reattivi (¹). Questo accordo fa supporre che le differenze nel colore delle gocciole, non sono di natura specifica, ma vengono cagionate da una accumulazione più o meno intensa della sostanza colorante. Questa supposizione si conferma osservando sotto il microscopio il processo solutivo di queste gocciole, che ha luogo dopo l'aggiunta della benzina: si osserva nel modo più evidente come il colore intenso delle pallette rosso-rubino impallidisce sempre più, e a poco a poco passa in un rosso d'arancio scuro.

In tali circostanze non è da dubitare che indipendentemente dal colore, dapertutto nelle gocciole oleose, indifferentemente se siano poste nello strato del pigmento o in quello dei bastoncelli e coni, esiste una e medesima sostanza chimica. Questo viene provato non solo per le suddette reazioni, ma anche per l'identità delle solubilità. I medesimi liquidi che sciolgono la sostanza gialla delle gocciole della rana, sciolgono egualmente anche le gocciole gialle dei rettili, e le gocciole variamente colorate degli uccelli; ed anche in questi due ultimi casi, si verifica il fatto rimarchevole, che la soluzione della sostanza colorante, fatta per mezzo del solfuro di carbonio, si distingue da tutte le altre soluzioni, per un colore rosso più vivo. Con speciale evidenza questo si verifica con le soluzioni preparate dalle gocciole variamente colorate degli uccelli; meno spiccato è il fenomeno con la sostanza colorante estratta dalla retina della lucertola, la soluzione della quale presenta un colore molto più pallido, verdastramente giallo.

L'esame spettroscopico ci fornì risultati altrettanto concordanti fra loro, quanto le reazioni chimiche e l'esame delle solubilità. Come punto di partenza di queste ricerche spettrali, ci siamo serviti della sostanza colorante estratta dalla retina del pollo, potendosi da essa preparare quantità relativamente considerevoli, senza gravi difficoltà pratiche. In genere abbiamo impiegato venti retine, trattandole con 20 c. c. di alcool assoluto di una densità di 0,798 a + 26°,2; riscaldandole lentamente a bagno-maria, si estrae in pochi minuti la totalità della sostanza colorante. La soluzione filtrata ed evaporata alla metà del suo volume primitivo, mostra in uno strato spesso 5 mill. un colore giallo arancio. La sua densità, che abbiamo determinato per mezzo del picnometro, variava nelle nostre diverse determinazioni da 0,832 a 0,829, alla temperatura di + 26°,2 (Il colore e lo spettro di quella rappresentata dalla fig. 1ª, aveva per densità 0,829 a + 26°,2). La soluzione sulfocarbonica rossa, l'abbiamo preparata aggiungendo a 10 c. c. della descritta soluzione alcoolica 20 c. c. di solfuro di carbonio; coll'agitazione una parte del solfuro si sostituisce all'alcool, e la soluzione così ottenuta mostra in uno strato spesso 5 mill. un bel colore rosso

(¹) Le medesime tre reazioni riescono ugualmente col pigmento diffuso deposto nei rettili e negli uccelli, nella sostanza dei membri interni, il quale possiede un color giallo canario nella lucertola, un color quasi giallo brunastro nel camaleonte e un bel color rosso nel piccione.

vivo. Queste due soluzioni, che vogliamo chiamare soluzione normale arancio-gialla, e soluzione normale rossa, abbiamo diluite per la quarta parte del loro volume, per dimostrare in esse la possibile esistenza di strie d'assorbimento speciali. Essendoci riuscita questa dimostrazione in modo perfettamente soddisfacente, abbiamo stimato superfluo di fare anche della sostanza colorante dell' occhio delle rane, e di quello della lucertola, soluzioni normali di determinata densità e forte concentrazione. Tanto per la rana quanto per la lucertola, ci siamo contentati di preparare delle soluzioni arbitrarie, e determinare in esse la presenza delle linee di assorbimento.

Per i risultati speciali dell' esame spettroscopico, richiamiamo l'attenzione sulla tavola aggiunta a questa Nota. La fig. 1ª rappresenta lo spettro di assorbimento totale della soluzione normale arancio-gialla (alcoolica): le due estremità dello spettro vengono assorbite, l' estremità rossa sino ad un punto che si trova nel mezzo fra *B* e *C*, l' estremità violacea da *b* in poi; lascia quindi passare la maggior parte del rosso, l' arancio, il giallo ed una parte del verde. Diluendo questa soluzione per la quarta parte del suo volume con l'alcool, si ottiene lo spettro riprodotto nella fig. 2ª, il quale è caratterizzato per la presenza di due linee caratteristiche di assorbimento, le quali però non riescono visibili che colla luce solare diretta o coll'illuminazione al magnesio. La prima di queste due strie si trova nel limite del blù verso il verde, e corrisponde esattamente alla linea *F*; la seconda più larga si trova in mezzo fra *F* e *G*, però più vicina a *G*. La soluzione normale rossa assorbe una parte dello spettro notevolmente più grande che non l'arancio-gialla (vedi fig. 3ª). La parte dello spettro che rimane inalterata, si estende dalla linea *B* fino alla metà fra *D* ed *E*. La soluzione assorbe dunque tutti i raggi verdi quasi completamente. La soluzione diluita mostra nella luce solare ed in quella del magnesio, l' identico paio di linee d'assorbimento caratteristiche che si trovano nella soluzione arancio-gialla diluita: soltanto queste due strie sembrano un po' spostate verso la parte meno refrangibile dello spettro, cosicchè la prima di esse non coincide più con la linea *F*, ma evidentemente si trova al lato rosso di essa. Nelle soluzioni alcooliche ed eteree preparate dalle gocciole della rana e da quelle della lucertola, le strie d'assorbimento coincidono quasi esattamente con quelle della soluzione normale arancio-gialla. Ci siamo limitati a riprodurre soltanto quelle della rana (vedi fig. 5ª).

Le nostre osservazioni sulle qualità spettroscopiche delle gocciole oleose, sembrano contraddire, almeno in parte, le sole ricerche che finora nella letteratura si trovano su quest'argomento. Talma [1], il quale ha esaminato le gocciole oleose della retina del piccione al microspettrometro, asserisce che le pallette giallo-verdastre oscurano le due estremità dello spettro, lasciando passare inalterati soltanto i raggi gialli e verdi; che le palle arancie assorbono tutta l'estremità violacea dello spettro da un punto situato nel mezzo fra *D* e *b;* e che finalmente le pallette rosse assorbono tutta la luce da *D* fino all'estremità violacea dello spettro. Questa ultima asserzione sembra inconciliabile con i risultati del nostro esame spettroscopico, trovandosi anche nel più assorbito degli spettri da noi raffigurati, fra la parte assorbita violacea e la linea *D,* sempre ancora un campo luminoso di una larghezza abbastanza

(1) *Over licht- en kleur-perceptie.* Utrecht, 1873. p. 36.

considerevole. Ci è però riuscito di eliminare questa contraddizione: per questo abbiamo adoperato per l'esame spettroscopico la soluzione normale arancio-rossa, preparata con le gocciole diversamente colorate del pollo, in uno strato spesso fra i 4 e 5 centimetri; in questo caso ottenemmo anche noi un risultato concorde con l'asserzione di Talma, cioè un assorbimento completo della parte violacea dello spettro dalla linea *D* in poi. Le rimanenti asserzioni di Talma sulle qualità assorbenti delle pallette giallo-verdastre e delle pallette giallo-arancie, possono combinarsi senz'altro coi risultati delle nostre ricerche spettrali, perchè alle prime corrisponde quasi esattamente il nostro spettro fig. 1ª ed alle seconde quello della fig. 3ª. Per le pallette rosso-rubino della retina degli uccelli si deve fare l'ipotesi, che in esse la sostanza colorante esista in una concentrazione almeno dieci volte più forte di quella delle gocciole arancie, essendo necessario per la produzione del loro spettro d'assorbimento, uno strato quasi dieci volte più spesso.

Ma con questi fatti spettroscopici non sono ancora esauriti i rapporti che ha la sostanza colorante con la luce, anzi ci rimane ancora a stabilire la sua particolarità fisiologicamente più importante, cioè la sua sensibilità fotochimica. Nel corso delle nostre ricerche, fummo colpiti dal fatto che le soluzioni esposte all'aria e alla luce non di rado da un giorno all'altro, o erano diventate completamente incolore, o avevano perduta la maggior parte delle loro colorazioni. Esperienze speciali stabilirono il fatto che alla luce sola deve attribuirsi questo scoloramento, imperocchè questo non ha mai luogo nelle soluzioni esposte all'aria e conservate all'oscurità, mentre che costantemente si osserva per l'azione della luce anche nel vuoto barometrico. Fu poi dimostrato da una seconda serie di ricerche fatte con vetri monocromatici, che quell'effetto è dovuto esclusivamente alla luce più rifrangibile dalla linea *D* in poi, essendo completamente inefficace, a questo riguardo, la luce rossa al di là della linea *D*. Dobbiamo aggiungere che le soluzioni sulfocarboniche si scolorano più rapidamente e più completamente delle soluzioni gialle fatte nell'alcool, nell'etere e nella benzina. Relativamente alle singole specie animali (pollo, rana, lucertola) non si è trovata differenza ragguardevole nella sensibilità fotochimica, e nello scoloramento delle soluzioni per mezzo di essa più rapidamente o più lentamente prodotto.

Qui finisce il nostro studio sulla sostanza colorante contenuta nelle gocciole oleose della retina, essendo state esposte da noi per la prima volta le sue reazioni chimiche, le sue solubilità, le sue qualità spettrali e la sua sensibilità fotochimica. In tutti questi rapporti (e questo è un fatto molto rimarchevole) la nostra sostanza colorante coincide completamente con un altro pigmento animale, noto ai chimici già da vario tempo, il quale, d'accordo con Hoppe-Seyler, vogliamo chiamare anche noi luteina.

La luteina fu contemporaneamente preparata nell'anno 1866, da Holm e Staedeler(1) e da Piccolo e Lieben(2) dai corpi gialli dell'ovario della vacca e descritta con identiche qualità. I due primi autori hanno dimostrato la presenza della medesima sostanza anche nel torlo dell'ovo della gallina; ritengono che sia identica con

(1) Journal fuer praktische Chemie Vol. 100 p. 142, 1867.

(2) *Studî sul corpo luteo della vacca.* Giornale di scienze naturali ed economiche di Palermo Anno II. Vol. II p. 258, 1866.

l'ematoidina, e per questo si astengono di darle un nome speciale. Piccolo e Lieben invece insistono nelle sua speciale individualità chimica e propongono per essa il nome di luteoematoidina, o di emoluteina. Evidentemente senza conoscere il lavoro di questi ultimi autori, descrive Thudichum ([1]) nell'anno 1869 la luteina come un pigmento giallo, che secondo lui sarebbe molto diffuso nel regno animale e vegetale; il quale identifica con l'ematoidina di Holm e Staedeler, dicendo espressamente che finora non sia ancora chimicamente differenziato da altri. Secondo Thudichum la luteina normalmente si trova nei corpi lutei dei mammiferi, nel siero del sangue, nelle cellule del tessuto adiposo, e nel grasso giallo del latte (burro). Inoltre, come hanno già trovato Holm e Staedeler, la luteina si trova nel torlo dell'uovo degli ovipari. Nei vegetali si osserva nei semi (maïs), nelle buccie e nelle parti carnose dei frutti; nelle radici (carota gialla), nelle foglie, negli stami, nella corolla e nei petali di molti fiori. Dopo il Thudichum il solo Hoppe-Seyler si è occupato dettagliatamente dell'esame della luteina. I fatti nuovi trovati da lui si trovano esposti nel suo manuale d'Analisi Chimica Fisiologica e Patologica.

Noi abbiamo preparato come Holm e Staedeler e come Piccolo e Lieben la luteina dai corpi lutei dell'ovario della vacca, ed anche noi ottenemmo come ultimo risultato, cristalli microscopici pleocromatici, i quali con un forte ingrandimento furono dimostrati appartenere a due forme nettamente distinte. Gli uni sono prismi a base rombica (identici con la figura di Thudichum). Gli altri sono tavole irregolarmente romboidali (corrispondenti alle figure di Piccolo e Lieben). Questi ultimi probabilmente non sono niente altro che tavole di colesterina colorata dalla luteina, ed anco rispetto ai cristalli della prima forma abbiamo qualche dubbio, se debbono essere considerati come cristalli di luteina chimicamente pura. Però su questa questione, come nella questione della costituzione della luteina in genere, ci riserbiamo di tornarci sopra in un'altra occasione.

I. *Reazioni chimiche della luteina.* — L'identità della luteina con la sostanza colorata contenuta nelle gocciole oleose della retina risulta dall'identità delle loro reazioni chimiche.

1. La suddescritta reazione così bella e così caratteristica, che l'acido solforico produce con le gocciole oleose, fu già istituita con eguale successo da Piccolo e Lieben coi loro cristalli di luteina.

2. La reazione con l'acido azotico, la quale sembra esser sfuggita a Piccolo e Lieben, viene prima ben descritta da Thudichum e confermata da Hoppe-Seyler.

3. La reazione col iodio finalmente, la quale fu tentata da Piccolo e Lieben con risultato negativo, e che nessun altro menziona, a noi è riuscita con i cristalli di luteina, altrettanto bene quanto con le gocciole oleose.

II. *Solubilità della luteina.* — Tutti i liquidi sopramenzionati, i quali sciolgono la sostanza colorante delle gocciole oleose, lo fanno senza veruna eccezione con i cristalli della luteina. Fu già osservato da Holm e Staedeler che la soluzione sulfocarbonica si distingue da tutte le altre per il suo colore rosso intenso.

([1]) *Ueber das Lutein und die Spektren gelbgefaerbter organischer Substanzen.* Centralblatt fuer die medizin. Wissensch., 1869, p. 1.

III. *Qualità spettroscopiche della luteina.* — Il primo che abbia esaminato la luteina allo spettroscopio è Thudichum op. cit., ove dice: « Lo spettro di queste solu- « zioni è caratterizzato dal forte splendore della parte rossa, gialla e verde, e per « tre strie d'assorbimento, le quali trovansi nella parte azzurro-indaco, e nella parte « violacea. La posizione delle strie d'assorbimento varia un poco secondo i diversi « solventi ».

Queste asserzioni di Thudichum vengono precisate da Hoppe-Seyler nel modo seguente: « le soluzioni della luteina assorbono con molta intensità la luce blù e violacea. « Le soluzioni diluite grado a grado con l'alcool e con l'etere, mostrano due strie « d'assorbimento caratteristiche, una delle quali comprende in sè la linea *F*, incli- « nando però piuttosto verso *G*, che non verso *b*, la seconda stria sta all'incirca nel « mezzo fra *F* e *G*. Come fu già trovato da Thudichum, la posizione delle strie « varia alquanto secondo il solvente ».

I risultati della nostra propria analisi della luteina, sono completamente d'accordo con quello che dice Hoppe Seyler, e coincidono esattamente con i sopra descritti risultati, sulle qualità spettroscopiche della sostanza colorante, contenuta nelle gocciole oleose della retina. Una soluzione alcoolica della luteina, la densità della quale corrisponde all'incirca a quella della soluzione arancio-gialla normale delle gocciole oleose, mostra il bel colore giallo-cromo, riprodotto alla fig. 6ª, e dà uno spettro d'assorbimento totale (fig. 6ª), il quale sta quasi esattamente nel mezzo fra quello della soluzione normale arancio-gialla e quello della soluzione normale rossa delle gocciole oleose, assorbendo la parte violacea dello spettro un pochino al di là della linea *E*. Il colore e lo spettro d'assorbimento totale della soluzione sulfocarbonica più rossa della luteina (fig. 8ª) corrispondono quasi esattamente a quelli della soluzione normale rossa delle gocciole oleose; nel medesimo modo la posizione delle strie d'assorbimento della soluzione alcoolica diluita della luteina (fig. 7ª) coincide esattamente con quella della soluzione normale arancio-gialla, mentre le strie che mostra la soluzione sulfocarbonica diluita sembrano anche esse un po' spostate verso la parte rossa dello spettro (fig. 9ª). La terza stria d'assorbimento descritta da Thudichum, e situata nel violaceo, noi come Hoppe-Seyler non abbiamo mai potuto dimostrare.

IV. *Sensibilità fotochimica della luteina.* — Già Piccolo e Lieben fanno menzione che i loro cristalli di luteina si scoloravano all'aria; rimase però a Hoppe-Seyler di scoprire la vera ragione di quello scoloramento, cioè l'azione della luce. Noi abbiamo ripetuto le medesime esperienze sopradescritte con le soluzioni delle gocciole oleose, con le soluzioni della luteina, alcooliche, eteree e sulfocarboniche, ed abbiamo ottenuto sempre i medesimi risultati. Merita di esser rilevato che le soluzioni di luteina, e più specialmente la sulfocarbonica, si scolorano del tutto in un tempo considerevolmente più breve, che non la soluzione delle gocciole oleose, mentre queste ultime richiedono per il loro scoloramento completo o più giorni, o almeno sempre una serie più lunga di ore. Con le soluzioni della luteina si produce il medesimo effetto in una mezz'ora alla luce diretta del sole. Sopra un foglio di carta impregnato di una soluzione di luteina, e disseccato previamente all'oscurità, si ottiene la riproduzione di un disegno qualunque a traforo fatto sopra una carta nera e applicato

sul foglio sensibilizzato dalla luteina, con una esposizione alla luce solare di circa 25 a 30 minuti primi, rimanendo inalterati gli spazî coperti dal nero e completamente scolorati quelli che ricevevano la radiazione solare.

Nel modo del tutto identico come la luteina preparata dai corpi lutei della vacca, si comporta la sostanza colorante contenuta nel torlo delle uova di gallina. Le sue reazioni chimiche e le sue solubilità sono esattamente le medesime, e mostra in soluzione alcoolica, l'identico paio di strie d'assorbimento caratteristiche, come la sostanza colorante delle gocciole d'olio, e le soluzioni della luteina preparata dai corpi gialli (fig. 10ª).

Finalmente viene anche scolorata per i raggi più rifrangibili della luce solare, quantunque non con tanta rapidità, come la luteina preparata dai corpi lutei della vacca. Inoltre la sua sensibilità fotochimica è molto più tarda di quella della sostanza colorante delle gocciole oleose, perchè per arrivare al suo scoloramento completo, si richiedono sempre parecchi giorni.

L'ultimo risultato delle nostre ricerche è adunque quello, che già dentro l'uovo esiste preformata una sostanza colorante, destinata nella formazione dell'organismo ad entrare nella composizione materiale della retina, per servire in essa alla sensazione della luce, o più esattamente a quella dei raggi più refrangibili dello spettro. Questa sostanza adunque deve essere considerata come una delle filogeneticamente più antiche combinazioni chimiche del corpo animale: dobbiamo supporre che nei primi movimenti della materia organica, esisteva già la molecola della luteina sensibile alla luce, e possiamo figurarci che l'origine di questa molecola sia stato il vero *Fiat Lux* della creazione, quando si formò quel primo e meraviglioso vincolo fra la luce del sole e la materia, la quale si era finora sviluppata nelle sue tenebre primordiali e che poi per ultimo risultato diede l'occhio dell'uomo, di cui, con altissima fantasia, disse Goethe (¹) far parte del Sole, ed essere cosa del Sole.

Disgraziatamente le ricerche finora intraprese non permettono ancora nessun certo giudizio sulla costituzione chimica di questo corpo fisiologicamente così interessante. La ragione di questa mancanza di conoscenze esatte sulla luteina, ci sembra, d'accordo con l'Hoppe-Seyler, trovasi nella circostanza che in tutte le parti del corpo animale, dove essa si trova, è legata a varî corpi grassi, dai quali sembra che non si sia finora riuscito a separarla completamente. La quantità più o meno grande di queste sostanze grasse collegate con la luteina, sembra esistere in un rapporto inverso alla sensibilità fotochimica della luteina; almeno la luteina più ricca di grassi (preparata dal torlo dell'uovo della gallina) mostra la sensibilità più ottusa, mentre che la luteina più povera di grassi (corpi lutei della vacca) si scolora con più grande rapidità alla luce solare. Nel mezzo fra queste due sostanze, in rapporto alla loro sensibilità fotochimica, stanno le soluzioni preparate dalle gocciole oleose della retina (²).

(¹) « Waer' nicht das Auge Sonnenhaft, || Die Sonne koennt' es nie erblicken ».

(²) Dopo aver osservato lo scoloramento della luteina, per i raggi più refrangibili dello spettro, ci sembrò interessante studiare anche i reattivi chimici, i quali producono egualmente una decolorazione delle soluzioni di luteina. — Un tale effetto producono i nitriti degli alcool primarî (etilico, amilico, metilico). Le soluzioni di luteina scolorate dai nitriti, ritornano colorate dopo l'aggiunta

Fra le diverse soluzioni della luteina, la sulfocarbonica per il suo colore e la sua sensibilità fotochimica più grande, occupa un posto speciale che merita di esser studiato: si ottiene questa soluzione o direttamente, o con una sostituzione di solventi. Una soluzione di luteina arancio-giallo alcoolica, dibattuta con il solfuro di carbonio cede a questo la sostanza colorante, e diviene essa stessa incolora, mentre il solfuro di carbonio si tinge in rosso fiamma acceso. Nel medesimo modo, come il solfuro di carbonio, si può sostituire all'alcool anche la benzina, senza però che abbia luogo il menzionato cambiamento di colore, il quale per ciò sembra essere una qualità speciale ed inerente del solfuro di carbonio. Noi saremmo inclinati a spiegarci questo cambiamento di colore e la sensibilità fotochimica maggiore che lo accompagna, con l'ipotesi che la luteina nella sua soluzione sulfocarbonica, si trova in uno stato molecolare più attenuato che non nelle altre soluzioni ([1]).

Una simile ipotesi sembra che serva a spiegare anche i rapporti esistenti fra la luteina e l'eritropsina di Boll; almeno non si può disconoscere l'analogia esistente fra quest' ultima e la modificazione molecolare prodotta per il solfuro di carbonio, avendo ambedue in comune il color rosso e la maggiore sensibilità fotochimica, quantunque in rapporto a quest' ultima qualità l'eritropsina si trovi ancora decisamente superiore alla modificazione sulfocarbonica della luteina. Osiamo adunque fin d'ora di pronunciare che l'eritropsina deriva chimicamente dalla sua sostanza madre la luteina, dalla quale differisce forse soltanto per una attenuazione maggiore, quindi è fotochimicamente più sensibile. Speriamo di poter fra poco aggiungere prove concludenti che dimostrino la giustezza di questa asserzione.

Roma, 5 maggio 1876.

degli alcali (questa ripristinazione del colore è indipendente dalla formazione di un derivato colorato in giallo che gli alcali producono in questi nitriti). Nello scoloramento della luteina per mezzo dei nitriti, la molecola che entra in azione è evidentemente quella di $Az\,O^2$. Ciò risulta dalle esperienze seguenti. Nitrito di potassio in soluzione acquosa, non vale di per sè solo a scolorare la luteina, ma mettendo in libertà la molecola d'azotilo con l'aggiunta dell'acido solforico, ha subito luogo lo scoloramento. Così ha anche luogo lo scoloramento della luteina, quando si sviluppa nella sua soluzione stessa $Az\,O^2$, con il rame metallico e l'acido azotico. Lo scoloramento della luteina si ottiene anche per l'azione degli acidi ossigenati del cloro e del bromo. Tutte queste reazioni dimostrano che lo scoloramento della luteina è basato sopra un processo d'ossidazione. L'idrogenazione della luteina scolorata per l'azione solare, mediante l'amalgama di sodio non vale a ripristinare il colore.

([1]) Questo comportarsi della luteina si potrebbe comparare con quello della molecola del iodio, la quale secondo i diversi solventi offre colori diversi. — Un colore giallo-bruno nell'alcool, nell'etere e nel ioduro potassico, ed un color violaceo nel cloroformio, nella benzina e nel solfuro di carbonio. È evidentemente giusto l'ammettere che nelle ultime soluzioni, il colore delle quali coincide con quello dei vapori del iodio, il iodio si trova in uno stato molecolare molto più attenuato che non nelle prime.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA

Fig. 1.ª Colore e spettro d'assorbimento totale della soluzione normale alcoolica arancio-gialla delle gocciole oleose della retina del pollo.

Fig. 2.ª Strie d'assorbimento della medesima soluzione diluita.

Fig. 3.ª Colore e spettro d'assorbimento totale della soluzione normale rossa sulfocarbonica, delle gocciole oleose della retina del pollo.

Fig 4.ª Strie d'assorbimento della medesima soluzione diluita.

Fig. 5.ª Strie d'assorbimento della soluzione alcoolica delle gocciole oleose della retina della rana.

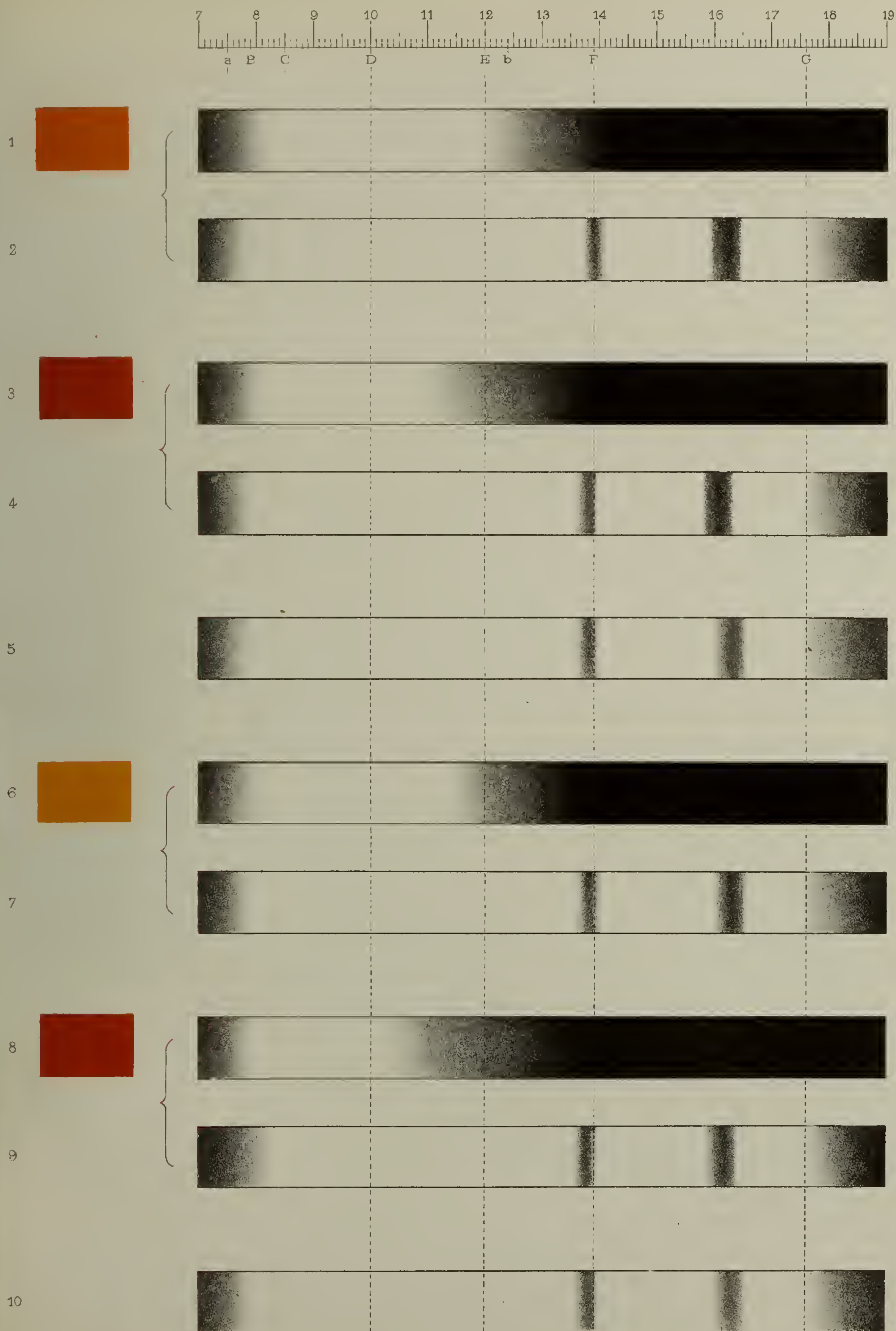
Fig. 6.ª Colore e spettro d'assorbimento totale della soluzione alcoolica della luteina, preparata dai corpi lutei della vacca.

Fig. 7.ª Strie d'assorbimento della medesima soluzione diluita.

Fig. 8.ª Colore e spettro d'assorbimento totale della soluzione rossa sulfocarbonica della luteina preparata come sopra.

Fig. 9.ª Strie d'assorbimento della medesima soluzione diluita.

Fig. 10.ª Strie d'assorbimento della soluzione alcoolica della luteina preparata dal torlo dell'uovo della gallina.


7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
a
B
C
D
E
b
F
G
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10